



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

GESTIONE DEL PARCO MACCHINE

Agricultural machinery fleet management

TIPO TESI:
sperimentale

Studente:
GIACOMO CECCOLINI

Relatore:
PROF.SSA ESTER FOPPA PEDRETTI

Correlatore:
DOTT. ALESSIO ILARI

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

SOMMARIO

SOMMARIO	3
ELENCO DELLE TABELLE.....	4
ELENCO DELLE FIGURE	5
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	7
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	8
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE ALLA MECCANIZZAZIONE AGRICOLA	9
CAPITOLO 2 MATERIALI E METODI	15
2.1 Presentazione del soggetto.....	15
2.2 Elaborazione dei dati.....	34
CAPITOLO 3 PRESENTAZIONE DEI DATI	43
CONCLUSIONI.....	50
BIBLIOGRAFIA	51

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 2-1: Trattori e macchine semoventi.....	18
Tabella 2-2: Macchine operatrici	23
Tabella 2-3: Esempio di dato grezzo.....	34
Tabella 2-4: esempio assegnazione coefficiente globale di utilizzazione.....	35
Tabella 3-1: Periodo utile svolgimento operazioni colturali.....	43
Tabella 3-2: Presentazione dati.....	45

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 2-1: Diagramma di Gantt (diagramma crono - temporale).....	17
Figura 2-2: Trattorice John Deere 5100R	18
Figura 2-3: Trattorice New Holland T6.180	19
Figura 2-4: Trattorice John Deere 6155R	19
Figura 2-5: Trattorice John Deere 7290R	20
Figura 2-6: Trattorice John Deere 8320R	20
Figura 2-7: Trattorice John Deere 8RX 410	21
Figura 2-8: Mieti trebbiatrice Claas Tucano 430 Montana 4 e barra Cressoni CRX pieghevole da frumento.....	21
Figura 2-9: Falcia trincia caricatrice Claas Jaguar 970 e barra Kemper 475 PRO	22
Figura 2-10: Aratro Moro Raptor QRV	24
Figura 2-11: Aratro Piccioni quadrivomere	24
Figura 2-12: Ripuntatore CMA Intruder.....	24
Figura 2-13: Estirpatore ad ancore Cormagri CHPR	25
Figura 2-14: Seminatrice diretta Maschio Diretta Corsa	25
Figura 2-15: Seminatrice combinata Lemken Zirkon	25
Figura 2-16: Vista frontale barra Cressoni CRX pieghevole da frumento.....	26
Figura 2-17: Barra Cressoni Stacsol per girasoli	26
Figura 2-18: Falcitrice anteriore Claas Disco 3200	27
Figura 2-19: Falcitrice doppia posteriore Claas Disco 9200	27
Figura 2-20: Voltafieno Claas Volto 800.....	28
Figura 2-21: Andanatore a due giranti Claas Liner 2800.....	28
Figura 2-22: Imballatrice prismatica New Holland 1290 HD.....	29
Figura 2-23: Raccogli grano A.L.I.	29
Figura 2-24: Lama anteriore per insilato.....	30
Figura 2-25: Uno dei due rimorchi dumper 3 assi impiegato nel trasporto della biomassa	30
Figura 2-26: Terreno N°1.....	35

Figura 2-27: Terreno N°2.....	36
Figura 2-28: Terreno N°3.....	36
Figura 2-29: Terreno N°4.....	37
Figura 2-30: Terreno N°5.....	37
Figura 2-31: Terreno N°6.....	38
Figura 2-32: Terreno N°7.....	38
Figura 2-33: Terreno N°8.....	38
Figura 2-34: Terreno N°9.....	39
Figura 2-35: Terreno N°10.....	39
Figura 3-1: Rappresentazione del periodo utile con diagramma di Gantt (diagramma crono - temporale).....	44
Figura 3-2: Rappresentazione delle operazioni colturali con diagramma di Gantt (diagramma crono - temporale).....	46

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

ICT	Informatic and Communication Technologies
T - MO	Definisce il cantiere composto da Trattrice e Macchina Operatrice
T - R	Definisce il cantiere composto da Trattrice e Rimorchio trainato.
SAU	Superficie Agricola Utilizzabile

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Obbiettivo precipuo di questo elaborato di tesi è quello di valutare la consistenza del parco macchine e del reparto operativo del soggetto preso in esame sulla base delle necessità agronomiche e successivamente proporre delle soluzioni efficienti per le criticità identificate. In particolare, l'azienda in esame è una società rilevante nel comparto agricolo delle colture seminate e foraggi nella Regione Marche.

Capitolo 1

INTRODUZIONE ALLA MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

A partire dalla seconda metà del XIX secolo, si iniziarono a notare i primi cenni di cambiamento nelle campagne; infatti, anche grazie all'avvento della seconda rivoluzione industriale e all'affinamento delle tecniche costruttive fu possibile iniziare a creare attrezzature qualitativamente superiori e tecnicamente più efficienti (Pellizzi, s.d.). Le attrezzature in legno vennero sostituite da quelle in ferro, in grado di sostenere meglio le sollecitazioni del lavoro. Grazie a queste innovazioni e alle maggiori conoscenze agronomiche, si iniziarono a progettare le prime attrezzature in grado di lavorare in continuo e che sostituiranno gli utensili manuali (Pellizzi, s.d.). Risale a questo momento la creazione dell'aratro a versoio reversibile, oppure dei primi prototipi di seminatrici a falcioni, questi macchinari seppur ancora legati al traino animale saranno i precursori della moderna meccanizzazione agricola.

Seppur le condizioni economiche delle campagne fossero assai critiche l'aggiornamento delle attrezzature agricole è sempre progredito, ma in corrispondenza del periodo successivo alla Prima guerra mondiale, le esigenze di ricostituzione sociale ed economica e produttiva, spinsero l'agricoltura verso il concetto di produrre tanto in poco tempo, questo portò ad un esponenziale espansione e a una radicale trasformazione delle campagne italiane.

È proprio in questo periodo che arrivano sul mercato, i primi modelli di trattrici azionate da motore endotermico portando nelle campagne italiane numerosi vantaggi. Questa novità unita alle attrezzature sviluppate in passato, permisero di lavorare anche i terreni più ostici aumentando notevolmente gli orizzonti lavorativi (Pellizzi, s.d.). Da quel momento è stato un susseguirsi di novità, l'agricoltura assumeva sempre di più le caratteristiche dell'industria, d'altronde, era questo che il popolo richiedeva in questo momento storico. La comparsa di questi mezzi ha permesso di cambiare completamente la vita lavorativa di chi ne possedeva uno, permettendogli di svolgere gli stessi lavori in meno tempo e con minor fatica consentendogli di dedicarsi a mansioni diverse.

Ora grazie alla potenza delle trattrici, è possibile lavorare a profondità maggiori, ampiezze e velocità superiori. Durante il ventennio 1920-1940, furono create macchine in grado di adattarsi a tutti gli ambienti lavorativi, dalla collina alle grandi estensioni della pianura, per

ogni esigenza c'era una macchina (Pellizzi, s.d.). La versatilità e la durabilità erano le caratteristiche fondamentali che un mezzo doveva avere, doveva durare il più possibile e doveva essere utilizzabile in qualsiasi contesto, dalle lavorazioni del terreno alla fienagione ai trasporti. A partire dalla fine della Seconda guerra mondiale approdarono in Italia le prime macchine da raccolta per i cereali. Le prime a svolgere questa funzione erano le “mietilegatrici”, macchine trainate in grado di mietere il grano e di legarlo a creare le fascine, successivamente le fascine legate venivano portate dai campi alle aie degli edifici rurali, dove venivano trebbiate con delle “trebbiatrici da fermo” (Pellizzi, s.d.) in grado di dividere la granella dalla pula e dalla paglia. Non erano dotate di un motore proprio, ma funzionavano tramite il moto rotatorio del motore della trattrice, che veniva trasferito con una cinghia da una puleggia montata sulla trattrice a una montata sulla trebbiatrice che permetteva di muovere gli organi trebbianti. A cavallo tra gli anni Cinquanta e Sessanta del XX secolo furono sviluppate macchine in grado di svolgere la mietitura e la trebbiatura in contemporanea, venivano creati i primi prototipi di mietitrebbiatrici che potevano essere semoventi o trainate, il tutto in ottica di massimizzare le produzioni, ridurre i costi di impiego e la fatica degli operatori.

Nello stesso periodo, iniziarono ad essere largamente impiegati i prodotti chimici di sintesi, sia concimi che fitofarmaci. Da quel momento fino ai nostri giorni, gli input colturali di sintesi divennero indispensabili per produrre ad un ritmo sostenuto, furono creati prodotti in grado di adattarsi a ogni situazione, concimi solidi o liquidi, trattamenti fitosanitari, sia contro le erbe infestanti che contro gli insetti dannosi. Questi prodotti, però, necessitavano di particolari attrezzature per poter essere applicati, nacquero così gli “spandiconcime” per applicare i concimi minerali solidi e gli “irroratori” per i trattamenti a base di prodotti liquidi. Con le conoscenze odierne sappiamo che i prodotti fitosanitari e i concimi di sintesi possono essere molto pericolosi, sia per l'ambiente che per l'uomo, comportando danni a lungo termine molto gravi. Durante gli anni, le attrezzature per i trattamenti fitosanitari hanno subito grandi migliorie, in quanto a precisione di spandimento del prodotto e a sicurezza dell'operatore. Le macchine più moderne adottano sistemi come le maniche d'aria, che riducono la deriva dei prodotti, evitando che vengano dispersi nell'ambiente, inoltre, sempre più spesso si utilizzano sistemi che permettono all'operatore di non venire mai a contatto con i principi attivi, neanche nelle operazioni di carico.

La meccanizzazione agricola non ha mai smesso di evolversi e di aggiornarsi con i sistemi più innovativi, i veicoli agricoli, per come li vediamo oggi, con cabina e tutti confort che ne conseguono, tutti i sistemi ausiliari, che ne permettono il funzionamento efficiente, sono stati creati negli anni.

Ad oggi le trattrici vengono considerate centrali mobili di potenza, macchine in grado di erogare potenza, non solo sotto forma di trazione, ma anche come potenza meccanica o idraulica, erogata attraverso i sistemi ausiliari, come la presa di potenza e il sistema idraulico accoppiati/istallati. Questi sistemi ausiliari permisero di sviluppare attrezzature azionate direttamente e quindi non necessariamente necessitanti di movimento imposto dalla trattrice per svolgere il loro compito, alcuni esempi sono gli erpici rotanti, le vangatrici, le scava scoline le falciatrici, i ranghinatori, i voltafieno, le imballatrici, etc.

Con il passare degli anni, le necessità dell'agricoltura sono cambiate, se nella prima era agricola meccanizzata la necessità era la produzione di massa, oggi è necessario produrre meglio, ciò significa ottenere un prodotto dalle caratteristiche migliori e che abbia un basso impatto ambientale nella sua produzione, questo ha portato alla progettazione di macchine con caratteristiche sempre migliori, in grado di erogare potenze sempre maggiori, con un'efficienza superiore, implicando minori consumi di carburante e minori emissioni. Questo ha portato a un cambio di mentalità in agricoltura, permettendo di creare attrezzature con profondità di lavoro inferiore e larghezza di lavoro sempre maggiori, in grado di ridurre le problematiche legate all'erosione del suolo o alla perdita di nutrienti. Gli strumenti moderni sono studiati e progettati per lavorare i primi 20 – 30 cm di suolo, la profondità minima necessaria allo sviluppo delle radici delle colture coltivate, permettendo di risparmiare tempo e carburante.

Durante l'ultimo decennio del XX secolo, sono state introdotte, in agricoltura, le prime tecnologie di assistenza alla guida tramite sistemi satellitari, ovvero sistemi che sfruttano la georeferenziazione satellitare di un corpo sulla superficie terrestre per permettergli di seguire un percorso. La guida satellitare si basa sull'utilizzo dei satelliti in orbita attorno alla terra, i quali, tramite un'antenna ricevente ed emittente posta sul veicolo, comunicano, permettendo al software interno all'antenna di conoscere con precisione la posizione del veicolo e di conseguenza una volta creato il percorso virtuale, permettono al veicolo di seguirlo. I primi dispositivi erano in grado di guidare i veicoli con una precisione di ± 50 cm, mentre, alcuni dei sistemi più recenti, hanno un errore di ± 1 cm, il che permette di raggiungere livelli di precisione ineguagliabili dall'operatore, fondamentali per certi tipi di colture come quelle orticole o arboree. Lo sviluppo delle guide satellitari non si è mai fermato, anzi dalle aziende costruttrici è sempre stato incentivato e incrementato, per questo oggi, possiamo utilizzare strumenti estremamente precisi ed avanzati, per esempio, è possibile tracciare il perimetro dell'appezzamento, in modo tale che il software possa riconoscerlo e di conseguenza sia

possibile utilizzare le guide satellitari anche nella lavorazione delle capezzagne e anche per automatizzare le svolte in capezzagna, riducendo eventuali perdite di tempo.

Oramai tutti i mezzi agricoli sono dotati o predisposti per l'utilizzo con guida satellitare poiché durante gli anni sono stati sviluppati sistemi ausiliari in grado di interagire con essi. Ad esempio, i macchinari come seminatrici, spandiconcime e irroratori per trattamenti fitosanitari, hanno creato con la guida satellitare un'interazione efficiente, in grado di aumentare la precisione, comportando minori perdite di prodotto e una più accurata localizzazione del prodotto stesso. Se in passato le seminatrici erano azionate grazie alla ruota motrice che trasmetteva il moto agli organi seminanti, ad oggi, su richiesta, può essere sostituita da un sistema di motori elettrici collegati alla guida satellitare, questa riconosce l'avanzamento del cantiere T – MO e di conseguenza trasmette il segnale ai motori elettrici che azionano gli organi di semina.

L'implementazione di questi strumenti ha permesso anche lo sviluppo dell'agricoltura di precisione, ovvero una particolare tecnologia che, tramite l'utilizzo di mappe di prescrizione in associazione ai sistemi satellitari permette di riconoscere e distribuire la corretta dose di prodotto, localizzandola in un preciso spazio. La mappa di prescrizione è uno strumento creato sulle reali necessità dell'appezzamento, tramite campionamenti effettuati direttamente in sito, da tecnici specializzati, che sono in grado di convertire le informazioni ottenute, in dati virtuali che possono essere interpretati dalle macchine operatrici. Queste operazioni preliminari permettono di individuare all'interno dell'appezzamento delle aree con fabbisogni differenti e quindi che richiedono quantitativi diversi di prodotto. Per l'interpretazione dei dati ottenuti, sono necessarie delle macchine con caratteristiche particolari, dotate di sistema ISOBUS e del sistema a rateo variabile, il primo per la lettura e l'interpretazione dei dati dalle mappe, il secondo per applicarli nella realtà. La tecnologia a rateo variabile permette alle macchine operatrici di variare la quantità di prodotto distribuito, in base alle necessità della coltura e quindi di applicare solo la dose di prodotto strettamente necessaria, diversamente dalle macchine operatrici tradizionali in cui è possibile impostare una sola dose di distribuzione (quella minima produttiva) per l'appezzamento, creando inevitabilmente delle aree in cui ci sarà prodotto in eccesso (dove le esigenze della pianta sono inferiori).

Per quanto riguarda le seminatrici a righe, sia di precisione che non, negli ultimi anni è stato sviluppato un sistema chiamato controllo di sezione, che permette di limitare o evitare le sovrapposizioni con le aree già seminate. La seminatrice che può essere, sia a righe ravvicinate che di precisione, deve essere dotata di un particolare sistema di sensori e saracinesche, che permette o meno il passaggio del seme, per ogni elemento di semina. Grazie ai sistemi

satellitari, che riconoscono le zone dove si è già seminato, la macchina operatrice, in autonomia, chiude le saracinesche degli elementi di semina corrispondenti alle zone in cui avviene la sovrapposizione, evitando inutili sprechi di semente.

La tecnologia ISOBUS, presente su trattrici e macchine operatrici, è un sistema che permette di visualizzare le informazioni relative alle macchine operatrici direttamente sul monitor di serie, presente nella cabina della trattrice, dalla quale è possibile gestire i parametri delle attrezzature stesse. Tramite il monitor è possibile visualizzare le mappe di prescrizione e la conseguente dose di distribuzione, oppure per i sistemi satellitari, è possibile visualizzare le linee virtuali che segue la trattrice, e ancora per le seminatrici, che presentano il controllo di sezione, è possibile visualizzare quali organi di semina sono attivi e quali no.

La crescita continua dei parchi macchine delle aziende richiede una gestione di essi sempre maggiore, rendendo necessari metodi di gestione più efficienti. Ad oggi, assumono sempre più importanza i software che interessano il settore gestionale, infatti, sono sempre più sviluppati i sistemi che permettono di visualizzare ed interagire da remoto con le attrezzature tramite ICT (Dionysis D. Bochtis, 2014), ma soprattutto sono sempre più sviluppati i sistemi che permettono la pianificazione e la programmazione delle operazioni colturali in maniera efficiente e sostenibile (J.-P. Reliera, 2010).

Le tecnologie moderne, usufruendo delle strumentazioni presenti sui veicoli e sulle macchine operatrici, permettono di monitorarne da remoto le funzionalità. Tali dati elaborati attraverso l'uso di particolari strumenti, come DIESE (J.-P. Reliera, 2010), consentono la valutazione dell'efficienza delle scelte intraprese. Lo strumento valuta le dinamiche lavorative, considerando i fattori variabili, quali: risorse umane, clima e attrezzature impiegate, per definire le criticità su cui si dovrà migliorare.

Diversamente, impiegando lo strumento di valutazione SILASOL (J.-P. Reliera, 2010) è possibile definire le colture che meglio si adattano alla coltivazione, sulla base delle caratteristiche del soggetto; in particolare valuta quale coltura e nello specifico la varietà permetta di massimizzare al guadagno e gestione efficiente, sulla base delle caratteristiche della propria azienda, come risorse umane, parco macchine e clima.

Per poter procedere ad attuare delle lavorazioni efficienti e sostenibili sono necessarie quattro fasi precedenti:

1. Pianificazione delle capacità operative, definite in base alle caratteristiche del parco macchine;
2. Pianificazione temporale delle lavorazioni, definite sulla base dei cicli colturali;
3. Pianificazione definita come allocazione delle risorse;

4. Pianificazione dei percorsi, riferiti al percorso in campo del cantiere durante le operazioni di lavoro

Queste operazioni preliminari permettono di definire un piano di lavoro efficiente e rapportato alla consistenza del parco macchine (Dionysis D. Bochtis, 2014).

Utilizzando i sistemi satellitari, prima descritti, è possibile determinare, all'interno dell'appezzamento, il percorso più efficiente, non solo per quanto riguarda sovrapposizioni o linearità del percorso, ma anche per le svolte a fine campo, fortemente influenzate dalla forma dell'appezzamento e dalle capacità dell'operatore. Il software si basa su un algoritmo in grado di riconoscere le aree lavorate, da quelle non lavorate e di conseguenza definire il percorso più efficiente e suggerirlo all'operatore. I risvolti positivi si registrano soprattutto per le macchine che distribuiscono prodotto, come per esempio irroratori o spandiliquami per i quali vengono tenuti in considerazione anche i rifornimenti necessari.

Se si confronta un sistema gestionale tradizionale con uno prodotto tramite l'utilizzo di software gestionali, si può osservare che quest'ultimo permette di ridurre le distanze improduttive dal 15,7% - 43,5% al 5,8% - 11,8% (Martin F. Jensen, 2015).

Capitolo 2

MATERIALI E METODI

2.1 Presentazione del soggetto

Il caso di studio, preso in esame, fa riferimento ad una realtà agricola italiana di grandi dimensioni, situata nella zona settentrionale delle marche, che estende il proprio controllo in regione e in parte anche in quelle limitrofe. L'azienda, della quale per privacy non si riporterà il nome, si occupa principalmente di produrre e trasformare foraggi, in particolare erba medica (*Medicago Sativa*), per la produzione di foraggi essiccati e pellettati. L'azienda gestisce, su tutto il territorio regionale, circa 5000 ha di superficie in affitto, di cui i tre quarti sono destinati ad erba medica, mentre la restante parte ad avvicendamento colturale con seminativi vari.

Essa, inoltre, possiede in Italia tre impianti per la lavorazione dei foraggi, e quattro impianti a biogas, di cui due situati nel nord delle Marche. Uno di questi è alimentato a biomassa, ottenuta da coltivazioni erbacee (insilati), quindi una parte della superficie è destinata alla coltivazione di queste, e non delle colture cerealicole da granella.

L'azienda effettua lavorazioni per conto proprio su una superficie di circa 1500 ha, che ricadono all'interno di 50 km di raggio dal centro aziendale. In quest'area, provvede all'esecuzione della maggior parte delle pratiche agronomiche, a partire dalle lavorazioni primarie fino alla raccolta, sia per le colture cerealicole, che per l'erba medica; soltanto le operazioni di semina di girasole e mais sono affidate a terzi, per mancanza della macchina operatrice.

Sul totale della superficie lavorata, circa 950 ha sono destinati alla coltivazione di erba medica di cui circa 100 seminati nell'annata agraria corrente. La restante parte di SAU è destinata ad avvicendamento colturale, vengono seminati:

- frumento da granella, sia tenero che duro;
- orzo da foraggio;
- frumento tenero da foraggio;
- sorgo, sia da granella, che da foraggio;
- girasole;
- mais da foraggio.

I fabbisogni agronomici, insieme alle caratteristiche e alla dislocazione degli appezzamenti, rendono indispensabile un parco macchine adeguato a fronteggiare il carico di lavoro anche nelle stagioni più impegnative, comportando una gestione particolarmente complessa delle attrezzature.

Analizzando i carichi di lavoro in un'annata agraria generica, si evidenziano tre momenti in cui devono essere svolte molte operazioni contemporaneamente: il primo, si ha nei mesi di ottobre e novembre, in cui vengono terminate le operazioni di affinamento ed iniziano le semine delle colture autunno – vernine; il secondo, durante il mese di maggio, in cui si concentrano in poche settimane i lavori di falcia trincia caricatura delle colture foraggere, lo sfalcio e l'affienamento dei medicaï e la semina delle colture in secondo raccolto; il terzo coincide con i mesi di agosto e settembre in cui si eseguono contemporaneamente le mieti trebbiature e le falcia trincia caricature delle colture primaverili – estive, e a seguire in rapida successione, le lavorazioni primarie del terreno. Queste sono considerazioni necessarie, per valutare il corretto dimensionamento del parco macchine.

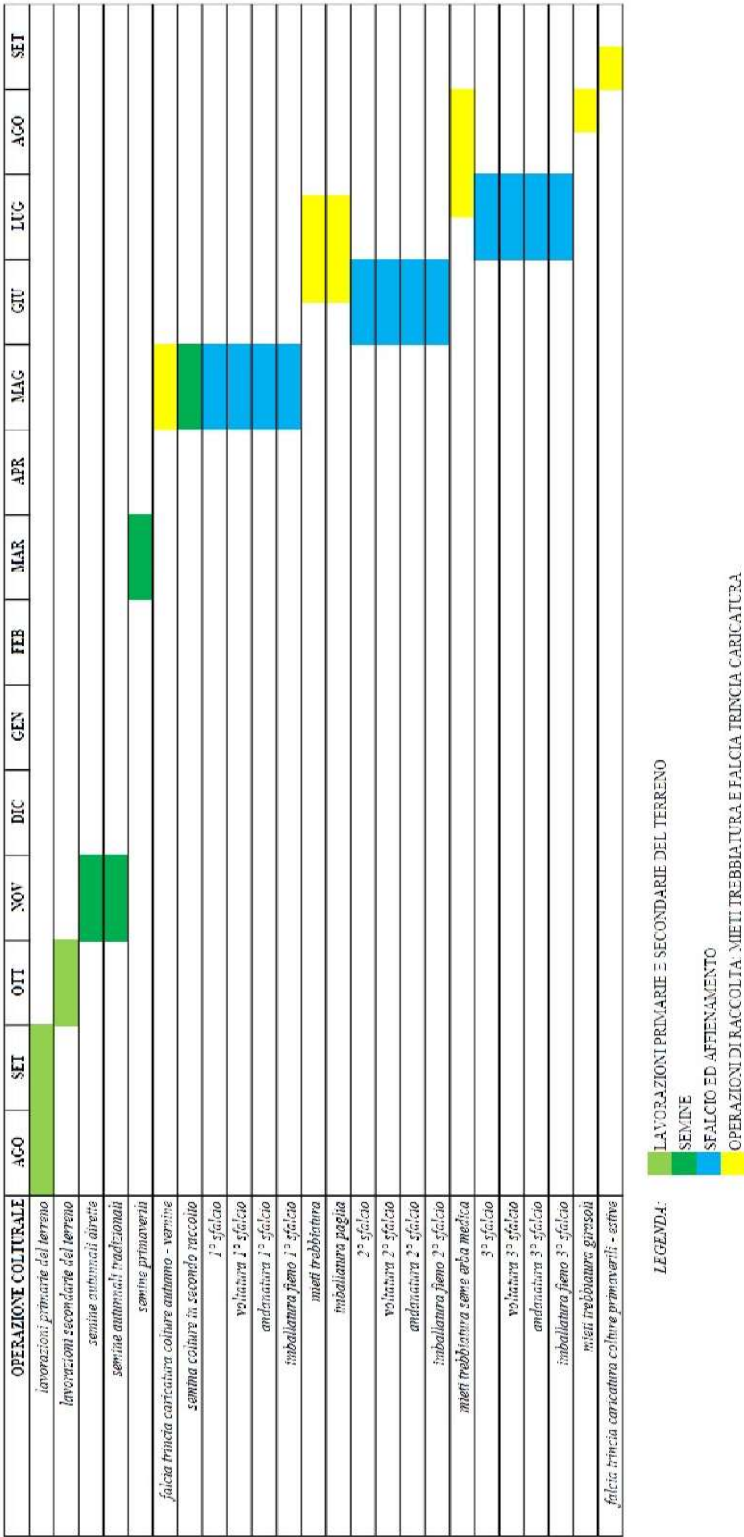


Figura 2-1: Diagramma di Gantt (diagramma crono - temporale)

Il parco macchine del caso di studio può essere sistematicamente descritto considerando:

- trattrici e macchine semoventi;
- macchine operatrici.

Tabella 2-1: Trattrici e macchine semoventi

MARCA	MODELLO	TIPOLOGIA	POTENZA NOMINALE (kW)	PESO IN ORDINE DI MARCIA (m)	VELOCITÀ MASSIMA (km/h)
John Deere	5100R	Trattrice 4RM di bassa potenza	74	4.3	40
John Deere	6155R	Trattrice 4RM di media potenza	125	7.1	40
New Holland	T6.180	Trattrice 4RM di media potenza	108.1	5	40
John Deere	7290R	Trattrice 4RM di alta potenza	234	10.8	40
John Deere	8320R	Trattrice 4RM di alta potenza	235	12	40
John Deere	8RX 410	Trattrice quadricingolata	302	18.1	30
Claas	Tucano 430 Montana 4	Mietitrebbiatrice autolivellante	210	13.2	25
Claas	Jaguar 970	Falcia trincia caricatrice	570	13.2	40



Figura 2-2: Trattrice John Deere 5100R



Figura 2-3: Trattore New Holland T6.180



Figura 2-4: Trattore John Deere 6155R



Figura 2-5: Trattrice John Deere 7290R



Figura 2-6: Trattrice John Deere 8320R



Figura 2-7: Trattore John Deere 8RX 410



Figura 2-8: Mieti trebbiatrice Claas Tucano 430 Montana 4 e barra Cressoni CRX pieghevole da frumento



Figura 2-9: Falcia trincia cariatrice Claas Jaguar 970 e barra Kemper 475 PRO

Tabella 2-2: Macchine operatrici

MARCA	MODELLO	TIPOLOGIA	LARGHEZZA DI LAVORO	VELOCITA' OPERATIVA	CAPACITA' DI LAVORO TEORICA (ha/h)
			(m) <i>b</i>	(km/h) <i>v</i>	$C_t = \frac{b \cdot v}{10}$
Moro	Raprtor QRV	Aratro	2.00	6.00	1.20
Piccioni	Quadrivomere	Aratro	1.80	6.00	1.08
CMA	Intruder	Ripuntatore	4.00	7.00	2.80
Cromagri	CHPR	Estirpatore	5.50	9.00	4.95
Maschio	Diretta corsa	Seminatrice su sodo	3.00	8.00	2.40
Gaspardo	Zirkon	Seminatrice combinata	6.00	5.00	3.00
Claas	Disco 3200	Falciatrice a dischi anteriore	3.00	12.00	11.40
Claas	Disco 9200	Falciatrici a dischi doppie posteriori	9.50	12.00	11.40
Claas	Volto 800	Voltafieno	7.00	12.00	8.40
Claas	Liner 2800	Andanatore a due giranti	7.00	10.00	7.00
New Holland	Big Baler 1290 HD	Imballatrice prismatica			6.60
Valzelli	Xtreme – 7	Dumper tre assi			
Valzelli	Xtreme – 7	Dumper tre assi			
A.L.I.	TC CSR	Raccogli grano			
Cressoni	CRX	Barra pieghevole da cereali per mietitrebbiatrice	6.00	3.00-6.00	2.40-3.60
Cressoni	Stacsol	Barra da girasole per mietitrebbiatrice	6.00	6.00	3.60
Kemper	475 PRO	Barra da mais per falcia trincia caricatrice	7.50	7.00	5.25



Figura 2-10: Aratro Moro Raptor QRV



Figura 2-11: Aratro Piccioni quadriga



Figura 2-12: Ripuntatore CMA Intruder



Figura 2-13: Estirpatore ad ancore Cormagri CHPR



Figura 2-14: Seminatrice diretta Maschio Diretta Corsa



Figura 2-15: Seminatrice combinata Lemken Zirkon



Figura 2-16: Vista frontale barra Cressoni CRX pieghevole da frumento



Figura 2-17: Barra Cressoni Stacsol per girasoli



Figura 2-18: Falcitrice anteriore Claas Disco 3200



Figura 2-19: Falcitrice doppia posteriore Claas Disco 9200



Figura 2-20: Voltafieno Claas Volto 800



Figura 2-21: Andanatore a due giranti Claas Liner 2800



Figura 2-22: Imballatrice prismatica New Holland 1290 HD



Figura 2-23: Raccogli grano A.L.I.



Figura 2-24: Lama anteriore per insilato



Figura 2-25: Uno dei due rimorchi dumper 3 assi impiegato nel trasporto della biomassa

Valutando le caratteristiche del parco macchine in oggetto, si rende necessario definire gli abbinamenti che costituiscono i cantieri T – MO o T – R.

Per eseguire le lavorazioni primarie del terreno vengono impiegati tre cantieri T – MO composti dalle tre trattrici di alta potenza e le macchine operatrici dedicate alle lavorazioni primarie, così ripartite:

- Primo cantiere di aratura, composto da:

- trattrice gommata di alta potenza John Deere 8320R (*Figura 2 – 6*);
- aratro quadrivomere Moro Raptor QRV (*Figura 2 – 10*);

la macchina operatrice è stata impostata per lavorare ad una profondità di 25 – 30 cm per una larghezza (*b*) pari a 2,00 m, equivalente a 0,50 cm per corpo;

- Secondo cantiere di aratura, composto da:

- trattrice gommata di alta potenza John Deere 7290R (*Figura 2 – 5*);
- aratro quadrivomere Piccioni (*Figura 2 – 11*);

la macchina operatrice è stata regolata per lavorare 25 cm di profondità e 45 cm di larghezza ogni corpo, determinando una larghezza di lavoro (*b*) di 1,80 m;

- Cantiere di ripuntatura, composto da:

- trattrice quadricingolata di alta potenza John Deere 8RX 410 (*Figura 2 – 7*);
- ripuntatore CMA intruder (*Figura 2 – 10*);

la macchina operatrice è stata regolata per eseguire la lavorazione ad una profondità di circa 30 cm.

La scelta della lavorazione primaria da eseguire è definita dalla precessione e dalla successione colturale, nonché dalla necessità di ottimizzare i consumi. Pertanto, l'azienda decide di applicare le arature solamente negli appezzamenti in cui è strettamente necessario. Definita la lavorazione primaria da eseguire, sulla base delle caratteristiche morfologiche dell'appezzamento, si procede all'assegnazione del cantiere più adatto.

Per le operazioni di affinamento, viene utilizzato un unico cantiere T – MO composto da:

- Trattrice gommata di alta potenza John Deere 8320R (*Figura 2 – 5*);
- estirpatore Cormagri CHPR (*Figura 2 – 11*).

La profondità di lavoro della macchina operatrice, varia in base alla lavorazione primaria eseguita in precedenza, se si effettua l'aratura, la profondità è di 15 cm, se invece si effettua la ripuntatura, la profondità viene aumentata a 20 cm.

Le lavorazioni secondarie del terreno sono eseguite su tutti gli appezzamenti, sia destinati alle colture autunno – vernine, che primaverili – estive.

Le operazioni di semina tradizionali, delle colture autunno – vernine, dell'erba medica e dei secondi raccolti, vedono impiegato il cantiere costituito da:

- Trattorice quadricingolata di alta potenza John Deere 8RX 410 (*Figura 2 – 6*);
- seminatrice combinata con erpice rotante Lemken Zirkon (*Figura 2 – 15*).

Quest'ultima è composta da un erpice rotante, portato all'attacco a tre punti, su cui sono posti gli organi di semina, accoppiato ad un serbatoio per sementi posizionato anteriormente alla trattorice (*figura 2 – 15*). La profondità di semina è stata impostata a 4 cm.

Per le semine autunnali dirette, viene impiegato il cantiere costituito da:

- Trattorice gommata di alta potenza John Deere 7290R (*Figura 2 – 5*);
- seminatrice diretta Maschio Gaspardo Diretta Corsa (*Figura 2 – 14*);

La semina diretta viene impiegata per la semina delle colture autunno – vernine foraggere, negli appezzamenti in cui non è stata eseguita durante l'annata precedente, per le altre colture è adottata la tecnica tradizionale.

Nelle operazioni appena citate, i cantieri impiegati risultano essere costanti nelle annate, poiché le potenze richieste dalle macchine operatrici, in combinazione con le potenze delle trattrici, ne permettono il corretto funzionamento solo in queste combinazioni.

Lo sfalcio dell'erba medica prevede l'utilizzo del cantiere formato da:

- Trattorice gommata di alta potenza John Deere 7290R (*Figura 2 – 5*);
- falciatrice frontale Claas Disco 3200 (*Figura 2 – 18*);
- falciatrici a dischi doppie posteriore Claas Disco 9200 (*Figura 2 – 19*).

Quest'ultimo può essere utilizzato esclusivamente con questa combinazione, poiché le macchine operatrici sono dimensionate in modo tale da non garantire un funzionamento ottimale con trattrici di potenza inferiore.

Le operazioni di voltatura ed andanatura possono essere eseguite da diversi cantieri, variabili in base alla disponibilità delle trattrici. Infatti, le macchine operatrici possono essere accoppiate indefinitamente alle trattrici di media e bassa potenza, che ricordiamo essere:

- John Deere 5100R (*Figura 2 – 2*);
- John Deere 6155R (*Figura 2 – 4*);
- New Holland T6.180 (*Figura 2 – 3*);

Si avrà quindi il cantiere di voltatura composto da:

- una delle tre trattrici definite sopra;
- voltafieno Claas volto 800 (*figura 2- 20*);

mentre il cantiere di andanatura è costituito da:

- una delle due trattrici rimanenti;

- andanatore Claas Liner 2800 (*figura 2 – 21*).

La disponibilità delle trattrici può variare in base al periodo dell'anno e di conseguenza alle operazioni che vengono eseguite in tale periodo, per questo non è possibile definire precisamente, per i cantieri di voltatura e andanatura gli accoppiamenti T – MO.

Per quanto riguarda le operazioni di imballatura della paglia e del fieno di erba medica, viene utilizzato il cantiere composto da:

- Trattrice gommata di alta potenza John Deere 8320R (*Figura 2 – 6*);
- imballatrice prismatica New Holland Big Baler 1290 HD (*Figura 2 – 22*).

Tale cantiere rappresenta una combinazione fissa, poiché la potenza assorbita dall'imballatrice, unitamente al suo peso, può essere supportata esclusivamente da questa trattrice.

La mieti trebbiatura delle colture autunno – vernine viene eseguita dal cantiere, così costituito:

- Mieti trebbiatrice autolivellante Claas Tucano 430 Montana 4 (*Figura 2 – 8*);
- barra di raccolta pieghevole per frumento Cressoni CRX (*Figura 2 – 16*).

L'impiego della barra pieghevole, in sostituzione alla barra fissa, permette di facilitare e snellire le operazioni di trasporto su strada, riducendo di conseguenza l'incidenza sui tempi di lavoro, inoltre a differenza della barra fissa, questa non necessita di carrello di trasporto, eliminando, di fatto, la necessità di impiegare una trattrice di supporto alla mieti trebbiatrice per gli spostamenti.

Per quanto riguarda la raccolta dei girasoli, viene impiegato il seguente cantiere:

- Mieti trebbiatrice autolivellante Claas Tucano 430 Montana 4 (*Figura 2 – 8*);
- barra di raccolta Cressoni Stacsol (*Figura 2 – 17*).

Diversamente dalla raccolta delle colture autunno – vernine, per la raccolta dei girasoli, viene accoppiata alla mieti trebbiatrice una barra da raccolta fissa, rendendo necessario l'impiego di una trattrice per il trasporto su strada di quest'ultima.

La falcia trincia caricatura, sia delle colture autunno – vernine, che di quelle primaverili – estive, prevede l'impiego di quattro cantieri, così costituiti:

- Falcia trincia caricatrice Claas Jaguar 970 (*Figura 2 – 9*) e barra pieghevole Kemper 475 PRO (*Figura 2 – 9*);
- Trattrice gommata di media (*Figura 2 – 3*) o alta potenza (*Figura 2 – 5*) e rimorchio dumper tre assi (*Figura 2 – 25*);
- Trattrice gommata di media (*Figura 2 – 4*) o alta potenza (*Figura 2 – 5*) e rimorchio dumper tre assi (*Figura 2 – 25*);

- Trattrice di alta potenza (*Figura 2 – 6*) accoppiata alla lama frontale da insilato (*figura 2 – 24*) impiegata nel cantiere di compattamento della biomassa in trincea.

Quest'ultimo cantiere è necessario per eseguire correttamente le operazioni di insilamento della biomassa all'interno della trincea, infatti, la lama frontale permette di spingere la biomassa, che con il peso della trattrice sarà poi compattata per rimuovere la quasi totalità di aria.

Definiti i cantieri utilizzati, è possibile notare che, la medesima trattrice può essere impiegata in diversi cantieri contemporaneamente, comportando una situazione complessa in riferimento all'allocazione delle risorse.

2.2 Elaborazione dei dati

Per poter procedere nelle considerazioni, è necessario ottenere un dato oggettivo privo di distorsioni, così da valutare l'operato del soggetto; pertanto, si è deciso di ottenere il valore elaborato direttamente dal dato grezzo.

Tale dato, viene ottenuto direttamente dai registri del soggetto, definendo per ogni appezzamento:

- Dimensione;
- Tipologia di lavorazione primaria;
- Coltura seminata ed eventuale semina di secondo raccolto (per la coltura erba medica sono riportati date di sfalcio od eventuali date di mieti trebbiatura del seme).

Tabella 2-3: Esempio di dato grezzo

APPEZZAMENTO	DIMENSIONE	LAVORAZIONE PRIMARIA	SPECIE	1° TAGLIO
1	12.35	Aratura	Erba medica	10/05
2	2.45		Erba medica	11/05
3	7.01	Aratura	Frumento duro	
4	3.28		Erba medica	05/05
5	1.60	Ripuntatura	Frumento duro	
			Frumento tenero da	
6	6.74	Semina diretta	foraggio + sorgo da	
			foraggio	
7	5.92		Erba medica	07/05
			Orzo da	
8	10.39	Semina diretta	foraggio + sorgo da	
			foraggio	
9	4.60	Ripuntatura	Girasole	
10	10.67		Erba medica	15/05

L'elaborazione dei dati è stata eseguita tramite un software di calcolo. Prima di procedere al trattamento dei dati, ogni appezzamento è stato sottoposto ad un'attenta valutazione nelle seguenti caratteristiche:

- Dimensione;
- Forma;
- Giacitura;
- Numero di corpi;
- Eventuale presenza di ostacoli all'interno del perimetro.

Di seguito sono riportati un esempio, con le immagini relative agli appezzamenti.

Tabella 2-4: esempio assegnazione coefficiente globale di utilizzazione

APPEZZ.	DIM.	FORMA	GIACITURA	N°CORPI	OSTACOLI	η_c
N° 1	24.72	Regolare	Pianeggiante	2	Si	0.80
N° 2	67.13	Irregolare	Declive	3	Si	0.65
N° 3	2.95	Irregolare	Acclive	3	No	0.55
N° 4	8.72	Irregolare	Pianeggiante	3	Si	0.60
N° 5	11.71	Irregolare	Acclive	6	Si	0.45
N° 6	11.06	Regolare	Pianeggiante	3	No	0.75
N° 7	31.20	Irregolare	Declive	1	Si	0.65
N° 8	7.42	Irregolare	Declive	3	No	0.60
N° 9	2.21	Irregolare	Acclive	3	Si	0.40
N° 10	8.65	Irregolare	Declive	4	Si	0.50



Figura 2-26: Terreno N°1

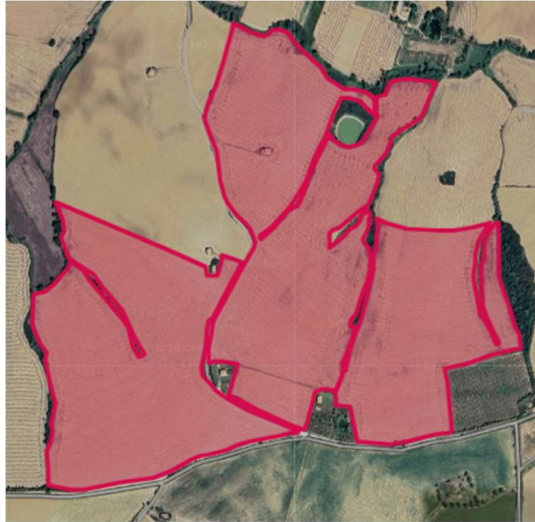


Figura 2-27: Terreno N°2



Figura 2-28: Terreno N°3



Figura 2-29: Terreno N°4



Figura 2-30: Terreno N°5



Figura 2-31: Terreno N°6



Figura 2-32: Terreno N°7



Figura 2-33: Terreno N°8



Figura 2-34: Terreno N°9



Figura 2-35: Terreno N°10

Queste valutazioni sono necessarie al fine di poter attribuire ad ogni appezzamento un coefficiente globale di utilizzazione η_c , necessario per il calcolo della capacità operativa reale di ogni lavorazione. Il coefficiente è un numero puro, che può assumere valori variabili tra un minimo di 0,4 e un massimo 0,8 in base alle caratteristiche sopra descritte, ed è un indicatore dei tempi morti intrinseci all'appezzamento. Tale coefficiente si ottiene come prodotto tra tre differenti coefficienti:

- η_c : tiene conto della necessità di sovrapposizioni, abilità del conducente, rallentamenti di inizio e fine passata;
- η_o : è il coefficiente che valuta direttamente le caratteristiche sopra descritte, intrinseche all'appezzamento;
- η_{re} : considera i tempi morti inevitabili e il tempo necessario al riposo dell'operatore.

Ad esempio, un terreno di 15 ha, di forma regolare, con giacitura pianeggiante, privo di ostacoli interni e completamente accorpato, avrà un coefficiente η_c pari a 0,8. Questo valore riflette il minimo impatto dei rallentamenti all'inizio e alla fine della passata, in quanto la configurazione dell'appezzamento favorisce una rapida movimentazione del cantiere in capezzagna e le abilità del conducente contribuiscono a ridurre le sovrapposizioni, permettendo di assegnare un coefficiente η_c di 0,9. Grazie alla forma accorpata del terreno e all'assenza di ostacoli, si riducono al minimo le perdite di tempo, raggiungendo un coefficiente η_o di 0,9, che moltiplicati al coefficiente η_{re} di valore fisso 0,95, consente di ottenere η_c come sopra.

Diversamente, un appezzamento di 1,5 ha, di forma irregolare, con giacitura declive, ostacoli interni e suddiviso in due corpi distinti, avrà un coefficiente η_c pari a 0,45. Questa configurazione comporta un aumento dei tempi improduttivi nelle manovre di capezzagna, con un conseguente abbassamento del coefficiente η_c a 0,8. La ridotta superficie, la forma irregolare, la presenza di ostacoli e la divisione in due corpi fanno sì che il coefficiente η_o si abbassi a 0,6. In conclusione, moltiplicando questi valori con il coefficiente η_{re} , si ottiene il valore finale η_c di cui sopra.

Tale coefficiente influenza la durata delle operazioni colturali, poiché viene moltiplicato per la capacità operativa teorica delle macchine operatrici, ottenendo come risultato la capacità reale.

Una volta definiti i coefficienti, gli appezzamenti sono stati suddivisi in base alla destinazione colturale. In questo modo, è possibile identificare i periodi in cui si svolgono le operazioni agricole, ottenendo già un'indicazione dei periodi più intensi. Questo permette di

elaborare un calendario colturale dettagliato, che fornisca una visione chiara delle necessità stagionali del parco macchine.

Una volta definita la destinazione colturale, gli appezzamenti sono stati raggruppati in base alla loro disposizione sul territorio. In questo modo, è possibile eseguire le lavorazioni in successione tra i vari appezzamenti, senza la necessità di tornare al centro aziendale dopo il completamento di ciascuno di essi.

Completate le valutazioni preliminari, si procede al calcolo delle distanze tra gli appezzamenti ed il centro aziendale, oppure per gli appezzamenti ravvicinati, sono state calcolate le distanze che intercorrono tra di essi. Tale fase è necessaria per poter stabilire i tempi di trasporto indispensabili al raggiungimento degli appezzamenti. Questi si ottengono come rapporto tra la distanza calcolata e la velocità di trasporto, riportate nella tabella 2 – 1. Per quanto riguarda le macchine da raccolta, la disposizione degli appezzamenti unitamente con la ridotta velocità di trasporto comporta la creazione di un itinerario che non corrisponde a quello seguito dalle trattrici. Questo itinerario è anche dettato dalla tempestività richiesta dall'operazione colturale. Per ottenere un dato che sia attendibile, il calcolo dei tempi di trasporto è stato effettuato per ogni lavorazione, in base al veicolo che l'ha effettuata nella realtà. In operazioni come le lavorazioni primarie e secondarie, le trattrici sono in grado di operare in autonomia senza necessità di fare capo al centro aziendale per massimo due giornate lavorative, al termine delle quali si rende necessario il rientro in centro aziendale, per eseguire la manutenzione ordinaria alle macchine.

Successivamente è stata calcolata la capacità di lavoro teorica per ogni macchina operatrice, ottenuta tramite la formula

$$C_t = \frac{b \cdot v}{10}$$

dove:

- C_t è la capacità di lavoro teorica;
- b è la larghezza di lavoro della macchina operatrice;
- v è la velocità di lavoro della macchina operatrice.

Per poter procedere al calcolo dei tempi di lavoro di ogni appezzamento, è necessario calcolare la capacità reale di lavoro, ottenuta come segue:

$$C_{re} = C_t \cdot \eta_c$$

dove:

- C_{re} è la capacità di lavoro reale;
- C_t è la capacità di lavoro teorica;
- η_c è il coefficiente globale di utilizzazione.

Mentre il tempo necessario al completamento delle lavorazioni per ogni appezzamento si ottiene

$$t_l = \frac{S}{C_{re}}$$

Dove:

- t_l è il tempo necessario al completamento delle lavorazioni;
- S è la superficie dell'appezzamento;
- C_{re} è la capacità reale di lavoro.

Sommando i tempi di trasporto con i tempi di lavoro in campo si ottiene il tempo complessivo impiegato per raggiungere l'appezzamento e per completare l'operazione colturale.

Le operazioni colturali sono state suddivise nelle seguenti categorie:

- Lavorazioni primarie del terreno (due cantieri di aratura e un cantiere di ripuntatura);
- Lavorazioni secondarie del terreno;
- Semina;
- Operazioni di raccolta (mieti trebbiatura e falcia trincia caricatura).

Relativamente all'erba medica, è stato valutato e scelto di effettuare tre tagli stagionali; per ogni taglio sono eseguite le seguenti operazioni:

- Sfalcio;
- Voltatura;
- Andanatura;
- Imballatura;

Il secondo ed il terzo taglio possono essere destinati alla mieti trebbiatura del seme; pertanto, si è proceduto a calcolare il monte ore relativo a questa lavorazione.

Definito il monte ore, per ottenere un valore di facile interpretazione, si per il numero massimo di ore giornaliere che può sostenere un operaio, che per norma di legge è 8, ottenendo di conseguenza il numero di giornate lavorative necessarie e completare tale operazione.

Capitolo 3

PRESENTAZIONE DEI DATI

Tabella 3-1: Periodo utile svolgimento operazioni colturali

Operazione colturale	Periodo utile (Pu) (giorni)	Periodo disponibile (αPu) (ore)
<i>Lavorazioni primarie del terreno</i>	30 – 45	240 – 340
<i>Lavorazioni secondarie del terreno</i>	30 – 40	240 – 300
<i>Semine autunnali dirette</i>	20 – 30	160 – 210
<i>Semine autunnali tradizionali</i>	30 – 40	240 – 300
<i>Semine primaverili</i>	10 – 20	80 – 150
<i>Falcia trincia caricatura colture autunno – vernine</i>	10 – 20	80 – 150
<i>Sfalcio ed affienamento erba medica</i>	15 – 20	120 – 150
<i>Mieti trebbiatura colture autunno – vernine</i>	20 – 30	160 – 220
<i>Mieti trebbiatura seme di erba medica</i>	30 – 50	360 – 400
<i>Mieti trebbiatura colture primaverili – estive</i>	10 – 20	80 – 140
<i>Falcia trincia caricatura colture primaverili – estive</i>	10 – 20	80 – 140

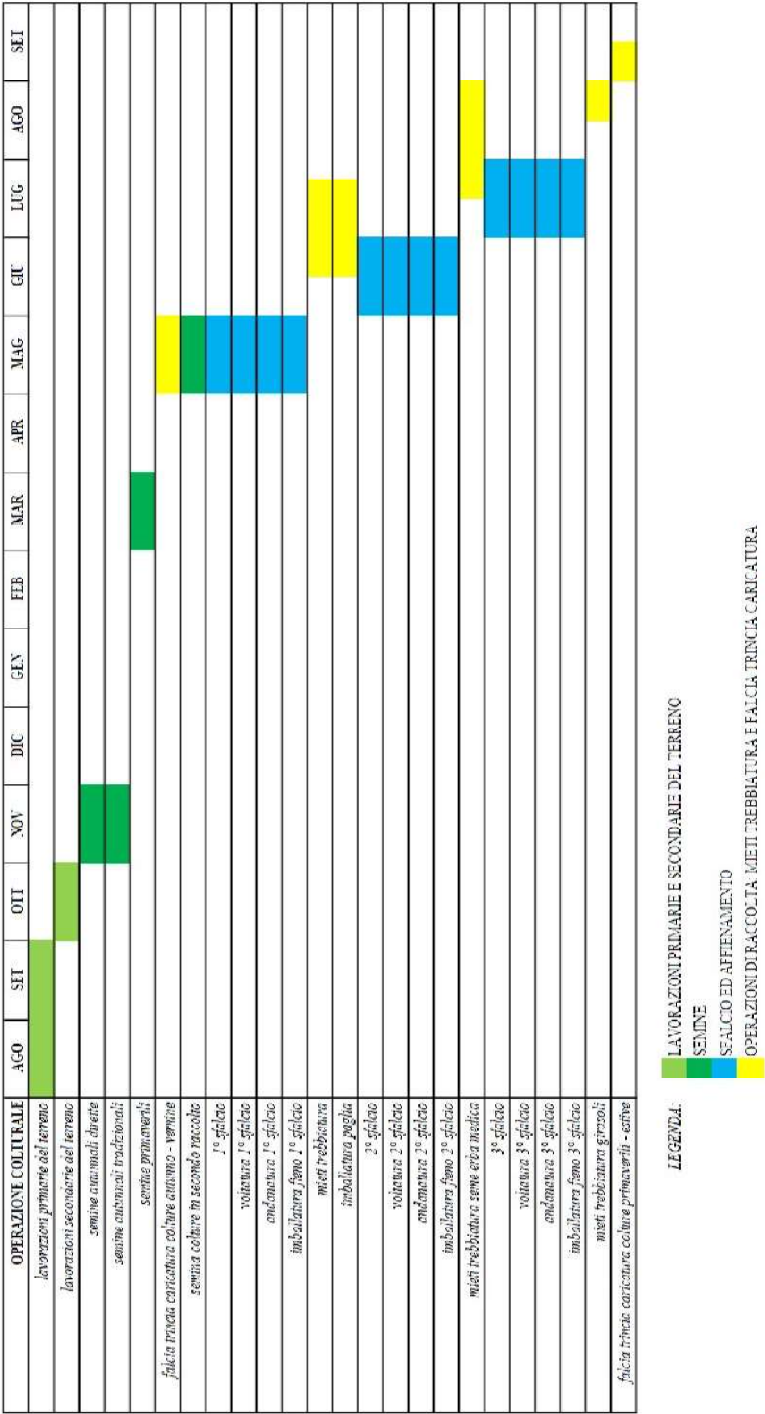


Figura 3-1: Rappresentazione del periodo utile con diagramma di Gantt (diagramma crono - temporale)

Tabella 3-2: Presentazione dati

Tipologia di operazione colturale	Tempo di lavoro (ore)	Tempo di lavoro (giorni)	Tempo di trasporto (ore)	Tempo di trasporto (giorni)
<i>Ripuntatura</i>	277.88	34.74	19.38	2.42
<i>Aratura cantiere 1</i>	144.37	18.05	7.28	0.91
<i>Aratura cantiere 2</i>	136.46	17.05	5.83	0.73
<i>Affinamento</i>	289.47	36.18	27.61	3.45
<i>Semina</i>	305.50	38.19	28.88	3.61
<i>Semina su sodo</i>	33.91	4.24	0.08	0.01
<i>Semina erba medica</i>	41.42	5.18	3.81	0.48
<i>Falcia trincia caricatura</i>	32.24	4.03	3.18	0.40
<i>Mieti trebbiatura colture autunno vernine</i>	259.87	32.48	23.93	2.99
<i>Ranghinatura paglia</i>	68.43	8.55	10.90	1.36
<i>Imballatura paglia</i>	72.57	9.07	10.91	1.36
<i>Semina secondo raccolto</i>	88.02	11.00	10.21	1.28
<i>Falcia trincia caricatura secondo raccolto</i>	50.30	6.29	7.92	0.99
<i>Mieti trebbiatura colture primaverili estive</i>	50.86	6.36	4.01	0.50
<i>Falciatura primo taglio</i>	119.62	14.95	22.52	2.82
<i>Voltatura</i>	162.34	20.29	21.09	2.64
<i>Andanatura</i>	194.81	24.35	20.00	2.50
<i>Imballatura</i>	206.62	25.83	19.60	2.45
<i>Falciatura secondo taglio</i>	106.25	13.28	24.83	3.10
<i>Mieti trebbiatura erba medica di secondo taglio</i>	42.35	5.29	5.62	0.70
<i>Voltatura</i>	144.19	18.02	24.38	3.05
<i>Andanatura</i>	194.81	24.35	29.13	3.64
<i>Imballatura</i>	206.62	25.83	29.15	3.64
<i>Falciatura terzo taglio</i>	14.90	1.86	4.24	0.53
<i>Mieti trebbiatura erba medica di terzo taglio</i>	289.27	36.16	49.68	6.21
<i>Voltatura</i>	20.22	2.53	4.72	0.59
<i>Andanatura</i>	173.03	21.63	24.04	3.01
<i>Imballatura</i>	183.52	22.94	23.91	2.99



46

Nella trattazione si considereranno le necessità dettate dal parco macchine e dal personale attualmente assunto.

Per avere un quadro più dettagliato, si procederà prima a valutare le singole operazioni colturali, poi a valutare tali operazioni considerando nel complesso il periodo in cui avvengono.

Dai dati riportati in tabella 3 – 1 si evince che i tempi di trasporto hanno un'incidenza significativa sui tempi di lavoro complessivi, in particolare nelle operazioni di raccolta dei prodotti, si raggiungono tassi di incidenza pari al 22%.

Le lavorazioni primarie del terreno vedono impiegati i tre cantieri T – MO nelle operazioni di aratura e ripuntatura, il lavoro in parallelo dei cantieri permette di completare le arature in circa 19 giornate lavorative, mentre le ripuntature in circa 37. Comparando i dati ottenuti con valori modulari (*tabella 3 – 1*), in cui sono destinate alle lavorazioni primarie 45 giornate lavorative, si denota che i cantieri nel loro complesso sono correttamente dimensionati al carico di lavoro da svolgere.

Seguono alle lavorazioni primarie, le operazioni di affinamento del terreno, in cui viene impiegato il cantiere per 39,7 giornate di lavoro, 3,45 delle quali sono necessarie per gli spostamenti; alle lavorazioni secondarie del terreno sono, invece, destinate 30 giornate lavorative; pertanto, il cantiere T – MO è sottodimensionato rispetto alle necessità agronomiche (*tabella 3 – 1*).

L'azienda esegue le semine autunnali sia con tecnica tradizionale, che con tecnica di semina diretta. Le semine delle colture autunno – vernine possono essere effettuate a partire dall'ultima decade di ottobre, fino alla fine di novembre, definendo così 30 – 40 giornate lavorative destinate al completamento di queste (*tabella 3 – 1*).

Le semine autunnali dirette, eseguite con il cantiere T – MO richiedono 4,25 giornate lavorative, in cui l'incidenza dei tempi di trasporto è minima. Diversamente le semine tradizionali sono completate in circa 42 giornate lavorative, di cui 3,6 impiegate negli spostamenti. Confrontando i dati elaborati con le giornate lavorative destinate alle semine, si può notare come il cantiere sia al limite del sottodimensionamento, seppure ancora in condizioni accettabili.

Il cantiere impiegato nelle semine autunnali tradizionali, è utilizzato anche nella semina dell'erba medica, si può osservare che la ridotta superficie destinata a quest'ultima, comporta il completamento delle operazioni in appena 5,6 giornate, ampiamente al di sotto del limite di 20 giornate lavorative destinate alla semina dell'erba medica.

Il periodo che intercorre tra la seconda metà di aprile e l'ultima decade di maggio rappresenta il periodo più complesso per l'allocazione del parco macchine. Poiché devono essere completate diverse operazioni colturali, quali:

- falcia trincia caricatura delle colture foraggere autunno vernine;
- semina dei secondi raccolti in successione alla falcia trincia caricatura;
- sfalcio e affienamento dell'erba medica.

Per lo svolgimento delle operazioni di falcia trincia caricatura delle colture foraggere autunno – vernine, sono necessari, per mantenere un efficiente funzionamento della falcia trincia caricatrice, tre cantieri ulteriori. Si necessita, infatti, di due cantieri T – R, per il trasporto della biomassa dall'appezzamento all'impianto biogas ed un ulteriore cantiere T – MO in trincea, per il compattamento della biomassa; i cantieri di trasporto, utilizzano una trattrice gommata di alta potenza ed una di media, mentre il cantiere di compattamento viene eseguito da una trattrice gommata di alta potenza.

Negli appezzamenti in cui si esegue la falcia trincia caricatura, si procede in seguito alla semina delle colture in secondo raccolto, che richiedono 12,3 giornate di lavoro (*tabella 3 – 1*).

L'affienamento dell'erba medica prevede lo svolgimento in rapida successione delle seguenti operazioni:

- sfalcio;
- voltatura;
- andanatura;
- imballatura

necessitando perciò di quattro giorni solari ad appezzamento per il completamento delle operazioni.

Si evince che, per completare l'affienamento in ogni appezzamento, sono necessari quattro cantieri T – MO, che operino in sequenza; per le operazioni di falciatura ed imballatura, sono già stati definiti in precedenza i cantieri, per le operazioni di voltatura ed andanatura sono impiegate, invece, due trattrici: una di media potenza ed una di bassa potenza.

In conclusione, il calendario colturale (*tabella 3 – 1*), destina 20 giornate lavorative al completamento delle operazioni di sfalcio ed affienamento dell'erba medica; comparando il dato con i valori elaborati presenti nella *tabella 3 – 2*, si riscontrano dei sottodimensionamenti nei cantieri impiegati nelle operazioni di voltatura, andanatura ed imballatura.

Valutate le necessità di ogni operazione colturale, si procede ora all'analisi dell'allocazione delle risorse nel loro complesso.

Le operazioni di falcia trinci caricatura richiedono obbligatoriamente l'impiego di quattro cantieri che assorbono la totalità del personale e tre trattrici: una di media potenza e due di alta potenza, ammesso e non concesso che le semine dei secondi raccolti, possano essere effettuate al termine della raccolta, le operazioni di affienamento non possono essere ritardate. Questo determina che, nello stesso momento, per almeno la durata delle operazioni di falcia trincia caricatura, debbano essere impiegati otto cantieri contemporaneamente. La trattrice impiegata in un cantiere T – R per il trasporto della biomassa, è la stessa impiegata nel cantiere T – MO dello sfalcio dell'erba medica, analogamente la trattrice del cantiere T – MO di compattamento, è impiegata anche nel cantiere T – MO di imballatura.

Dalle valutazioni eseguite in precedenza, nel periodo compreso tra la seconda metà di aprile e la terza decade di maggio, insorgono criticità sia nel reparto veicolare che nel reparto operativo.

A partire dalla terza decade di giugno, hanno inizio le operazioni di mieti trebbiatura delle colture autunno – vernine parallelamente al secondo sfalcio dell'erba medica. La raccolta vede impiegato un cantiere T – R di supporto alla mieti trebbiatrice, composto da: trattrice di media potenza e raccogli grano. La raccolta viene completata in 35,6 giornate lavorative rispetto alle 20 – 25 destinate da calendario colturale (tabella 3 – 1), l'esubero di giornate lavorative, permette di osservare un sottodimensionamento del cantiere di raccolta.

Successivamente alla raccolta, si procede all'imballatura della paglia, in parallelo all'imballatura del fieno di erba medica; la concomitanza di queste due operazioni comporta un forte sottodimensionamento del cantiere di imballatura.

A partire dall'ultima decade di luglio fino alla fine di agosto si procede alla trebbiatura del seme di erba medica e al contempo, all'esecuzione del secondo e terzo taglio sui medicai impiantati nella primavera stessa. Il cantiere si dimostra adeguatamente dimensionato, dai dati si osserva che l'incidenza dei tempi di trasporto sui tempi di lavoro raggiunge il 22%, tradotto, sono 9,31 giornate destinate agli spostamenti su 50 giornate di lavoro totali.

Durante il mese di settembre sono completate le operazioni di mieti trebbiatura e falcia trincia caricatura delle colture primaverili – estive che vengono eseguite in successione. In tal caso si impiegano i cantieri, descritti in precedenza, per la mieti trebbiatura e la falcia trincia caricatura delle colture autunno – vernine, con la differenza che la mieti trebbiatrice è accoppiata alla barra da raccolta per girasoli. Si evince che i cantieri impiegati, in relazione alle necessità agronomiche, si presentano correttamente dimensionati, permettendo di completare le operazioni nel rispetto delle giornate definite dal calendario colturale (tabella 3 – 1).

CONCLUSIONI

Concludendo, dal confronto dei dati elaborati con i valori ottenuti dal calendario colturale, emergono punti di forza e criticità; pertanto, si procede al suggerimento di soluzioni adatte alle necessità del soggetto.

I cantieri, impiegati nelle lavorazioni primarie e secondarie del terreno e nelle semine autunnali, si presentano correttamente dimensionati per le necessità agronomiche del soggetto, non necessitando di modifiche.

Considerando il periodo primaverile – estivo, insorgono alcune criticità piuttosto importanti, che riguardano sia il parco macchine, che il comparto operativo. Si rendono necessari aggiornamenti delle macchine operatrici impiegate nelle operazioni di fienagione, poiché altamente sottodimensionate rispetto alle necessità agronomiche, inoltre per ottimizzare le operazioni, è necessario l'aumento del parco macchine veicolare, con almeno una trattore di media potenza impiegabile nei cantieri di trasporto e di affienamento. Si rende necessario, inoltre, un adeguamento del cantiere di imballatura, impiegando un ulteriore cantiere di supporto a quello già presente.

Il cantiere utilizzato nella raccolta delle colture autunno – vernine, necessita di adeguamento, poiché si presenta sottodimensionato rispetto ai fabbisogni agronomici.

Per sopperire alle criticità riguardanti le risorse umane, si consiglia di incrementare il numero di operatori fissi di una unità lavorativa e nel periodo primaverile – estivo, usufruire di lavoratori avventizi, in base alle necessità.

Data la grandezza dell'azienda e le caratteristiche del proprio parco macchine, si consiglia di intraprendere l'utilizzo di software di programmazione e gestione delle attività. I sistemi di programmazione sono indispensabili per ottenere un'indicazione oggettiva dei dimensionamenti dei cantieri in relazione al periodo. L'implementazione di software gestionali in grado di collaborare con i sistemi di comunicazione presente nei veicoli permette di rendere maggiormente efficiente l'assegnazione dei lavori ai cantieri.

BIBLIOGRAFIA

Dionysis D. Bochtis, C. G. S. P. B., s.d. Advances in agricultural machinery management: A review.

Giuseppe Pellizzi, Sull'evoluzione della meccanizzazione agricola in Italia nel XX secolo.

J.-P. Relhiera, R. M.-C. N. C. M.-H. J. J.-M. M., s.d. Expérimentation virtuelle de l'organisation du travail en agriculture : enjeux et méthode Application à l'analyse de l'insertion du pois dans les systèmes de grande culture.

Martin F. Jensen, D. B. C. G. S., s.d. Coverage planning for capacitated field operations, part II: Optimisation.